

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-068760

(43)Date of publication of application : 16.03.2001

(51)Int.Cl. H01L 43/08
G11B 5/39
H01F 10/30

(21)Application number : 11-244755

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 31.08.1999

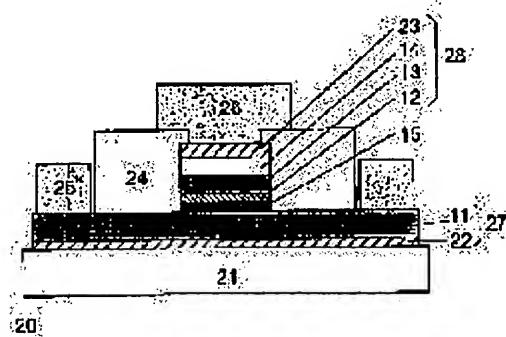
(72)Inventor : ARAI REIKO
KAWATO YOSHIAKI
WATANABE KATSURO

(54) FERROMAGNETIC TUNNEL JUNCTION ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To suppress the reduction in the magnetoresistance effect due to destruction of a tunnel barrier layer and thereby achieve uniformity and reproducibility, by arranging an amorphous ferromagnetic layer on at least the interface of one of a ferromagnetic layer and the tunnel barrier layer.

SOLUTION: A base film 22 for improving the orientability of a free layer 11 of a ferromagnetic tunnel junction, the layer 11, and an amorphous ferromagnetic layer 15 for improving heat resistance are formed on an oxide layer-deposited silicon substrate 21. A tunnel barrier layer 12 is formed on the layer 15 by preparing an Al layer, and oxidizing the surface of the Al layer by a plasma oxidation method. Further, a fixed layer 13, an antiferromagnetic layer 14, and a protection film 23 are sequentially formed. Next, a lower electrode layer 26 and an upper electrode layer 27 are processed into predetermined configurations. Further, an Al₂O₃ insulating layer 24 for preventing contact between the layers 26 and 27 is formed, and then patterned, and for contact with the lower/upper electrode layers 27 and 28, Au layers are formed as lower/ upper electrode wiring layers 25 and 26, whereby a ferromagnetic tunnel junction element 20 is prepared.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (JP)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-68760

(P 2001-68760 A)

(43)公開日 平成13年3月16日(2001.3.16)

(51) Int.Cl. 7

H01L 43/08

G11B 5/39

H01F 10/30

識別記号

F I

H01L 43/08

G11B 5/39

H01F 10/30

マーク(参考)

Z 5D034

5E049

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全6頁)

(21)出願番号

特願平11-244755

(22)出願日

平成11年8月31日(1999.8.31)

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 荒井 礼子

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 川戸 良昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

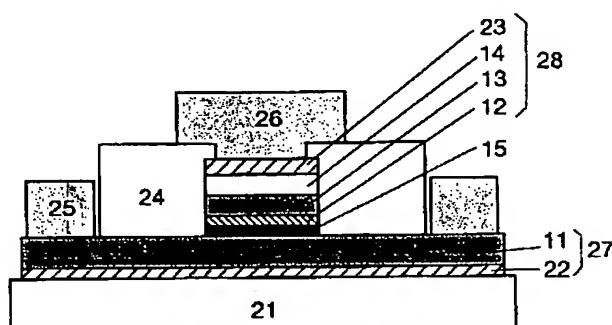
(54)【発明の名称】強磁性トンネル接合素子

(57)【要約】

【課題】強磁性トンネル接合を用いた磁気抵抗センサにおいて、強磁性層と反強磁性との交換相互作用を得るための熱処理や、素子作製工程中の熱処理に伴うトンネル抵抗の増大及び磁気抵抗効果の低下を抑制し、均一性、再現性のあるトンネル磁気抵抗センサを提供する。

【解決手段】強磁性トンネル接合を用いた磁気抵抗センサにおいて、強磁性層とトンネル障壁層との少なくとも一方の界面にCo系あるいはCoFe系のアモルファス強磁性層を設けることにより達成できる。

図 2



【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1の強磁性層と第2の強磁性層との間にトンネル障壁層を挟んだ構造を持つ強磁性トンネル接合であって、上記強磁性層とトンネル障壁層との間の少なくとも一方にアモルファス強磁性層を設けていることを特徴とする強磁性トンネル接合素子。

【請求項2】 上記強磁性層のうち少なくとも一方が、反強磁性層と接することで強磁性層の磁化が実質的に固定されていることを特徴とする、請求項1記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項3】 上記アモルファス強磁性層が、Coを主成分とするアモルファス合金からなることを特徴とする、請求項1乃至2記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項4】 上記アモルファス強磁性層がCo-X1であり、X1としてTi, Zr, Nb, Hf, Mo, Ta, Wから少なくとも一種類以上選択されたアモルファス合金であることを特徴とする、請求項3記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項5】 上記アモルファス強磁性層がCoFe-X2であり、X2としてB, Si, C, P, Ti, Zr, Nb, Hf, Mo, Ta, Wから少なくとも一種類以上選択されたアモルファス合金であることを特徴とする、請求項3記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項6】 上記第1及び第2の強磁性層が、Fe, Co, Niおよびこれらの合金からなる材料であることを特徴とする、請求項1記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項7】 上記トンネル障壁層が、Al, Si, Ti, V, Cr, Zr, Nb, Mo, Ta, Wの群から選ばれる少なくとも一種類以上の元素と、B, C, N, O, P, Sの群から選ばれる少なくとも一種類以上の元素との化合物であることを特徴とする請求項1記載の強磁性トンネル接合素子。

【請求項8】 請求項1乃至7記載の強磁性トンネル接合を感磁部とする磁気抵抗効果型磁気ヘッド。

【請求項9】 請求項8記載の磁気抵抗効果型磁気ヘッドを搭載した磁気記録再生装置。

【請求項10】 請求項1乃至7記載の強磁性トンネル接合を用いた磁気メモリセル。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は高密度磁気ディスク装置における再生用磁気ヘッドや、高密度磁気メモリに適した強磁性トンネル接合素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 磁気記録の高密度化に伴い、高感度な再生用磁気ヘッドが求められており、現在その再生ヘッドとして異方性磁気抵抗（AMR）効果を利用した磁気抵抗効果型磁気ヘッド（MRヘッド）が用いられている。このMRヘッドの感磁部にはNiFeが用いられており、磁気抵抗変化率は約2%で、実現可能な記録密度は数Gb/in²である。さらに、最近では2つの強磁性層で非磁性金属層を挟み、一方の強磁性層の磁化を固定させて2

つの強磁性層の磁化方向のなす角度によって高い磁気抵抗変化率が得られる巨大磁気抵抗（GMR）効果を利用した磁気ヘッド（GMRヘッド）も製品に用いられ始めた。GMRヘッドの抵抗変化率は約4~5%で、数十Gb/in²クラスの記録も可能となった。しかし、今後更に記録密度を向上させるには、より大きな磁気抵抗変化率を有する磁気ヘッドが必要となる。

【0003】 このような高い磁気抵抗変化率を有する磁気抵抗センサとして、2つの強磁性層の間にトンネル障壁層が挟まれた強磁性トンネル接合を用いた磁気抵抗効果膜（TMR）が注目されている。このTMRでは例えば、ジャーナル オヴ マグネティズム アンド マグネティック マテリアルズ（第139巻、231頁、1995年）に示されているように、Fe膜の間にAl酸化膜が挟まれた構造で、室温で約18%の大きな抵抗変化率が得られたと報告されている。また、特開平4-103014号には、一方の強磁性層に反強磁性層を接して強磁性層の磁化方向を固定させた、スピンドルブタイプのTMRを開示している。TMRの抵抗変化率は2つの強磁性層のスピンドル分極率をP1, P2としたとき

【0004】

【数1】

$$\Delta R/R = 2 P1 \cdot P2 / (1 + P1 \cdot P2)$$

で与えられるため、例えば、強磁性層に高い分極率を有するFe, Co, NiFe等を用いた場合、大きな抵抗変化率を示すTMRが得られることが期待できる。しかし、TMRを実用化するためにはいくつかの課題を解決する必要がある。それらは、1) 低抵抗化、2) 抵抗変化量の向上、3) 高均一性、高再現性等であり、特に低抵抗化は最重要課題であると考えている。TMRはトンネル電流であるため抵抗が十分高い。しかも、電子情報通信学会誌（MR98-25、1998年）に示されているように、熱処理によって抵抗はさらに増大し、また強磁性層の結晶粒径が大きくなつてトンネル障壁層の界面が破壊され磁気抵抗効果が低下してしまうという問題がある。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、強磁性トンネル接合を用いた磁気抵抗センサにおいて、強磁性層と反強磁性層との交換相互作用を得るための熱処理や、素子作製工程中の熱処理に伴うトンネル抵抗の増大、及び強磁性層の結晶粒径の増大にともなうトンネル障壁層の破壊による磁気抵抗効果の低下を抑制し、均一性、再現性のあるトンネル磁気抵抗センサを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 上記目的は、強磁性トンネル接合を用いた磁気抵抗センサにおいて、強磁性層とトンネル障壁層との少なくとも一方の界面にアモルファス強磁性層を設けることにより達成できる。更に、上記

アモルファス強磁性層が、Co-X1 (X1: Ti, Zr, Hf, Nb,

Mo, Ta, Wの一種類以上) アモルファス合金あるいはCoFe-X2 (X2 : B, Ti, Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, Wの一種類以上) アモルファス合金とすることで達成できる。

【0007】

【発明の実施の形態】以下に本発明を適用した強磁性トンネル接合を用いた実施例を説明する。

【0008】(実施例1)図1は外部磁場センサに好適な強磁性トンネル接合の基本構造を示す。図1に示す強磁性トンネル接合10は、第1の強磁性層(自由層)11、トンネル障壁層12、第2の強磁性層(固定層)13、反強磁性層14から構成されている。自由層11と固定層13の面内磁化は、外部磁界が印可されていない状態でお互いに対して90度傾いた方向に向けられている。さらに、固定層13は反強磁性層14によって、好ましい方向に磁化が固定されている。媒体からの磁界により自由層11の磁化は自由に回転し、それにより抵抗変化が生じて出力が発生する。本発明によると、耐熱性を向上するためのアモルファス強磁性層15が、自由層11及び固定層13とトンネル障壁層12との間の少なくとも一方に設けられ、上記アモルファス強磁性層15は、Co系及びCoFe系の合金からなる。

【0009】図2に示される構造を有する強磁性トンネル接合素子の一実施例について説明する。100nmの酸化層付シリコン基板21上に、強磁性トンネル接合10の自由層11の配向性をよくするための下地膜22であるTa 5nm、自由層11であるNiFe 20nm、耐熱性を向上するためのアモルファス強磁性層15であるCoTaZr 1.5nmを形成する。この上にトンネル障壁層を形成するためAlを1.2nmを形成し、この状態でAl表面をプラズマ酸化法で酸化してトンネル障壁層12を作成する。ここで、酸化の条件は酸素ガス圧1Torr、投入電力200W、酸化時間10秒である。さらに固定層13であるCo 2nm、NiFe10nm、反強磁性層14であるMnIr 10nm、保護膜23であるTa 5nmを順次形成する。次にフォトリソグラフィ及びイオンミリングを用いて下部電極層26及び上部電極層27を所定の形状に加工する。さらに下部電極層26と上部電極層27と接触を防ぐためのAl203絶縁層24を100nm形成、パターニングし、下部電極層27及び上部電極層28と接触するように下部電極配線層25及び上部電極配線層26としてAu 200nmを形成して、強磁性トンネル接合素子20を作製する。ここで、自由層11の磁化と固定層13の磁化はお互いに対して90度傾いた方向に向けられている。図3 (a)、(b) は、この強磁性トンネル接合素子20の上部電極配線層26と下部電極配線層25との間に電圧を印加し、磁気特性を測定した結果である。25%という大きな磁気抵抗変化率が得られ、外部一様磁界±30 Oeに対する抵抗変化曲線は、線形で安定なものが観測された。

【0010】本実施例ではアモルファス強磁性層15にCoTaZrを用いたが、特にこれに限定される事はなく、Co-X1アモルファス合金 (X1 : Ti, Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, Wの二種類以上) あるいはCoFe-X2アモルファス合金 (X2 : B, T

i, Zr, Hf, Nb, Mo, Ta, Wの二種類以上) を用いることも出来る。また、本実施例ではアモルファス強磁性層15を自由層11とトンネル障壁層12との間に介したが、固定層13とトンネル障壁層12との間、あるいはその両方に介することも可能である。

【0011】また、反強磁性層14にMnIrを用いたが、特にこれに限定される事はなく、FeMn、MnPt、CrMnPt等の導電性反強磁性膜を用いることも出来る。

【0012】なお、トンネル障壁層12の酸化方法として上記プラズマ酸化法の他に、純酸素雰囲気中での自然酸化法を用いても同様の効果が得られている。

【0013】図4 (a) は、上記強磁性トンネル接合素子 (TMR素子) の抵抗変化率 ($\Delta R/R$) 、図4 (b) は、抵抗 (R) の熱処理温度依存性を示している。保持時間は1時間、印加磁界は3kOeである。比較のためにアモルファス強磁性層15が形成されていない従来のTMR素子の結果も合わせて示す。本発明のTMR素子は、従来の素子と比較して熱処理による抵抗の増大及び抵抗変化率の低下が抑制されていることがわかる。

【0014】上記実施例では強磁性トンネル接合素子20を基板側から自由層11/アモルファス強磁性層15/トンネル障壁層12/固定層13/反強磁性層14の順に積層したが、逆に基板側から反強磁性層14/固定層13/トンネル障壁層12/アモルファス強磁性層15/自由層11と配置することも出来る。

【0015】(実施例2) 本発明の強磁性トンネル接合素子20を用いて再生用磁気ヘッド30を作製した。上部及び下部電極配線層33、34としてAu 200nmを用いた。上記素子の上下にギャップ膜32、35をはさんで軟磁性膜のシールド31、36が構成されている。各々のギャップ膜厚は、上下シールドの間隔が0.1 μ mとなり、かつ自由層がギャップ全体の中央になるように決めている。この再生磁気ヘッド30の再生特性は良好であり、安定な再生出力が得られた。バルクハウゼンノイズなどのノイズや、ベースラインシフト等の波形歪みも見られなかった。なお再生信号の上下非対称性はAsym=1 %程度であり、実用上問題にならないレベルであった。

【0016】(実施例3) 図6は本発明を適用した強磁性トンネル接合素子20を備えた磁気ディスク装置を簡略に表したものである。スピンドルモータ42により高速回転する金属又はガラス円盤41の表面にはCoCrPt系合金膜からなる記録媒体がスパッタ法により堆積されており、ディスクの回転にともなう空気流を受けて浮上するセラミックスのチップ (スライダ) 43上に形成された薄膜磁気ヘッドを用いて記録媒体上にデジタル信号を記録・再生した。薄膜磁気ヘッドはNiFe系合金の磁極とCuのコイルからなる誘導型記録ヘッドと、実施例2記載のトンネル磁気抵抗効果型再生ヘッドからなる。さらに上記セラミックスのチップは可動式アームに取り付けられており、アームはボイス・コイル・モータを備えたアクチュ

エータ44によって実質的に半径方向に移動できるようになっている。したがって薄膜磁気ヘッドはほぼディスク全面にアクセスすることが可能である。また、記録媒体上には記録信号の他にトラック位置を指定するサーボ信号があり、再生ヘッドが再生したサーボ信号をアクチュエータにフィードバックすることによってヘッドの位置決めを閉ループ制御で高精度におこなうことができる。また、再生信号やサーボ信号を処理したり機構系の制御をおこなう電気回路系45も備えている。本装置では先に開示した薄膜磁気ヘッドを用いることにより、高い記録密度を達成することができた。その結果小型かつ大容量の装置を実現することができた。

【0017】また、ここではディスクを1枚持つ装置を開示したが、複数枚のディスクを持つ装置でも同様の効果が得られることは明らかである。

【0018】(実施例4) 図7及び図8は、磁気メモリセルに好適な強磁性トンネル接合素子50の断面図及び上面図である。この構造は自由層と固定層の面内磁化が平行に向けられている以外は、図2の構造と類似している。図7に示される構造を有する強磁性トンネル接合素子の材料について説明する。100nmの酸化層付シリコン基板51上に、下部電極配線層52であるAl 30nmを形成し所定の形状にパターニングする。次に下地膜53、54であるTa 5nm、NiFe 3nm、反強磁性膜55であるMnIr 10nm、固定層56であるCoFe 2nmを順次形成する。この上にトンネル障壁層を形成するためAlを2.0nmを形成し、この状態でAl表面をプラズマ酸化法で酸化してトンネル障壁層57を作成する。ここで、酸化の条件は酸素ガス圧1 Torr、投入電力200W、酸化時間15秒である。さらにアモルファス強磁性層58、自由層59、保護キャップ膜60としてそれぞれCoNbZr 1.5nm、NiFe 5nm、Ta 5nmを形成する。次にフォトリソグラフィ及びイオンミリングを用いて下部電極層63及び上部電極層64を所定の形状に加工する。さらに下部電極層63と上部電極層64と接触を防ぐためのAl203絶縁層61を100nm形成、パターニングし、上部電極層64と接触するように上部電極配線層62であるAu 200nmを形成して、強磁性トンネル接合素子50を作製する。ここで、自由層59の磁化と固定層56の磁化はお互いに平行に向けられている。強磁性トンネル接合素子50への書き込みは下部電極配線層52と上部電極配線層62に電流を流すことによって、自由層59の磁化が固定層56の磁化に対して平行から反平行（またはその逆）に回転することによって達成される。電流は配線層に比較して接合部の抵抗が十分大きいため、上部電極配線層62からトンネル障壁層57を通じて下部電極配線層52に垂直に流れ

ることはない。この強磁性トンネル接合素子50の上部電極配線層62と下部電極配線層52との間に電圧を印加し、磁気特性を測定した結果、28%という大きな磁気抵抗変化率が得られた。

【0019】

【発明の効果】本発明により、強磁性トンネル接合を用いた磁気抵抗センサにおいて、強磁性層と反強磁性層との交換相互作用を得るための熱処理や、素子作製工程中の熱処理に伴うトンネル抵抗の増大及び磁気抵抗効果の低下を抑制することができ、均一性、再現性のあるトンネル磁気抵抗センサの形成が可能となり、高記録密度においても高いS/N値を与える磁気ヘッドおよび磁気メモリを構成することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による強磁性トンネル接合素子の基本構造図。

【図2】本発明による強磁性トンネル接合素子の断面図。

【図3】本発明による強磁性トンネル接合素子の抵抗変化曲線図。

【図4】本発明による強磁性トンネル接合素子の抵抗変化率の温度依存性を示す図。

【図5】本発明による強磁性トンネル接合素子を用いた再生用磁気ヘッドを示す図。

【図6】本発明によるトンネル磁気抵抗効果型ヘッドを搭載した磁気記録再生装置の構成図。

【図7】磁気メモリに好適な本発明による強磁性トンネル接合素子の断面図。

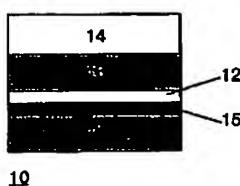
【図8】磁気メモリに好適な本発明による強磁性トンネル接合素子の上面図。

【符号の説明】

10 100、200、50…強磁性トンネル接合素子、11、59…強磁性層（自由層）、12、58…トンネル障壁層、13、56…強磁性層（固定層）、14、56…反強磁性層、15、57…アモルファス強磁性層、21、51…基板、22、53、54…下地膜、23、60…保護膜、24、61…絶縁層、25、52、33…下部電極配線層、26、62、34…上部電極配線層、27、63…下部電極層、28、64…上部電極層、30…再生用磁気ヘッド、31…下部シールド、32…下部ギャップ、35…上部ギャップ、36…上部シールド、40…磁気記録再生装置、41…磁気ディスク、42…スピンドルモータ、43…スライダ、44…アクチュエータ、45…信号処理回路。

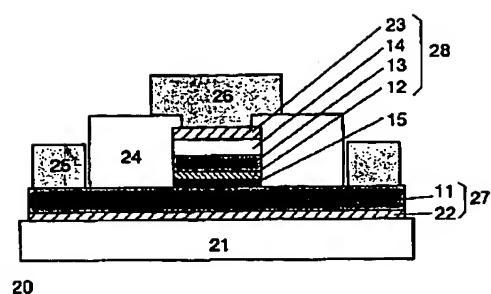
【図 1】

図 1



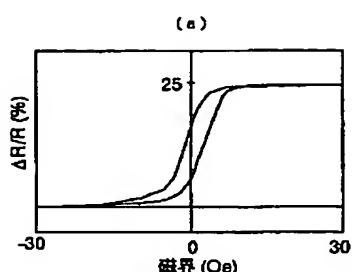
【図 2】

図 2



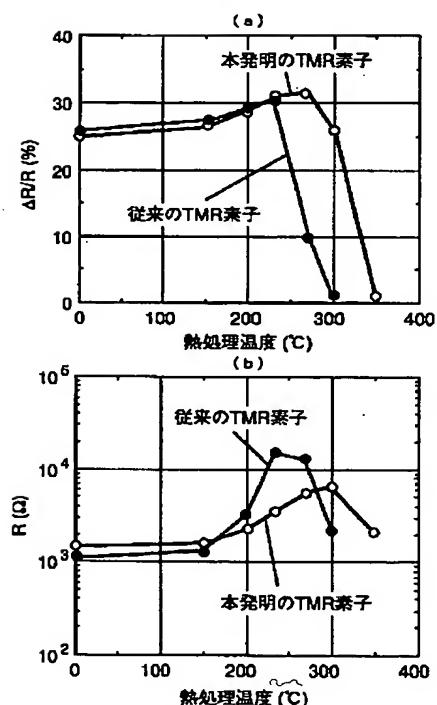
【図 3】

図 3



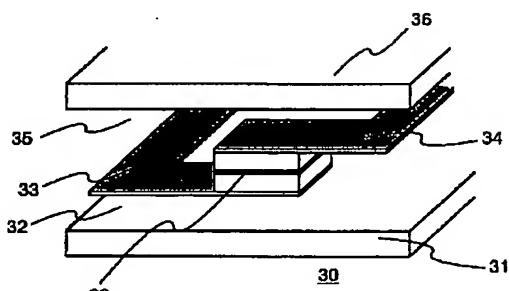
【図 4】

図 4



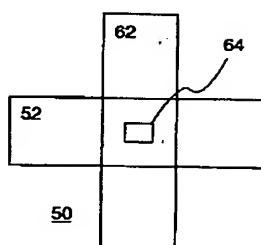
【図 5】

図 5



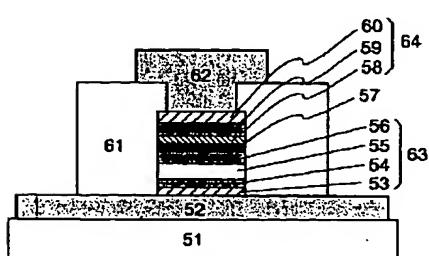
【図 8】

図 8



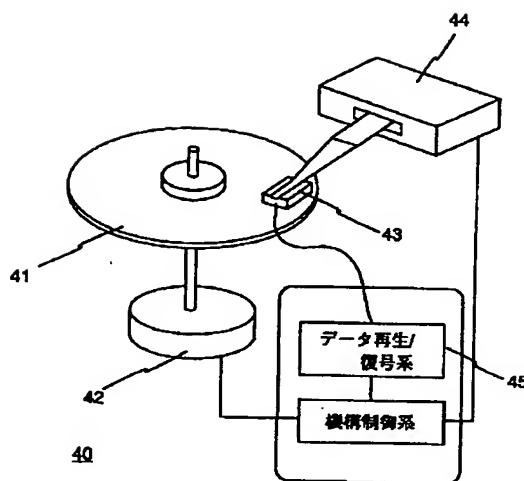
【図 7】

図 7



【図6】

図 6



フロントページの続き

(72)発明者 渡辺 克朗

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地
株式会社日立製作所中央研究所内

Fターム(参考) 5D034 BA03 BA18 BA21 CA03
5E049 AA01 AA04 AA07 AA09 AC01
AC05 BA06 BA12 DB04 DB14